

AKÜ FEMÜBİD 23 (2023) 015802 (216-227)

AKU J. Sci. Eng. 23 (2023) 015802 (216-227)

DOI: 10.35414/akufemubid.1169573

Araştırma Makalesi / Research Article

Batı Anadolu'daki Bazı Kömürlü Miyosen Yaşlı Sahaların (Seyitömer – Tunçbilek – Değirmisaz – Çamalan / Kütahya) Jeolojik ve Tektonik Korelasyonu

Muzaffer ÖZBURAN¹¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya.

e-posta: muzaffer.ozburan@dpu.edu.tr

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0491-7807>

Geliş Tarihi: 01.09.2022

Kabul Tarihi: 25.01.2023

Öz

Anahtar kelimeler

Batı Anadolu; Kömür;
Seyitömer; Tunçbilek;
Değirmisaz; Çamalan
(Alabarda)

Türkiye'de birçok sahada, ekonomik öneme sahip çökeller depolanmıştır. Bu sahalardan bazıları Kütahya ilinde olup, Seyitömer, Tunçbilek, Değirmisaz ve Çamalan (Alabarda) çalışmanın konusunu oluşturur. Sahalar, kömür içerikli çökelleriyle Batı Anadolu'nun ekonomik öneme sahip Miyosen çökellerinin depolanma alanlarıdır. Kömür içerikleri, bu sahalarda tek benzer yönü olmayıp tektonik, stratigrafik, sedimentolojik ve kömür jeokimyası açısından da benzer ve farklı yönleri söz konusudur. Elde edilen sonuçlar, Seyitömer, Tunçbilek ve Çamalan sahalalarının nispeten benzer tektonik rejim unsurlarını barındırdığını Değirmisaz sahasının ise faylarının uzanımı ve karakterleri bakımından bunlardan ayrıldığını göstermiştir. Ayrıca çalışmada, tektonizma faktörünün daha fazla olmak üzere, yüksek ısı akışı ile birlikte sahalardaki kömürleşme derecesini etkilediği sonucuna varılmıştır.

Geological and Tectonic Correlation of Some Miocene Aged Coal Fields (Seyitömer - Tunçbilek - Değirmisaz - Çamalan / Kütahya) in Western Anatolia

Abstract

Keywords

Western Anatolia;
Coal; Seyitömer;
Tunçbilek; Değirmisaz;
Çamalan (Alabarda)

Economically important sediments have been deposited at many sites in Turkey. Some of these fields are in Kütahya province and Seyitömer, Tunçbilek, Değirmisaz and Çamalan (Alabarda) fields are the subject of the study. The fields constitute some of the storage areas of the coal-bearing deposits and the economically important Miocene deposits of Western Anatolia. Coal content is not the only similarity of these fields they also have similarities and differences in terms of tectonics, stratigraphy, sedimentology and coal geochemistry. The results obtained showed that Seyitömer, Tunçbilek and Çamalan areas contain relatively similar tectonic regime elements, while Değirmisaz area differs from them in terms of the direction and characterize of the faults. In addition in the study, it was concluded that the high heat flow, mainly the tectonism factor, affects the degree of coalification in the fields.

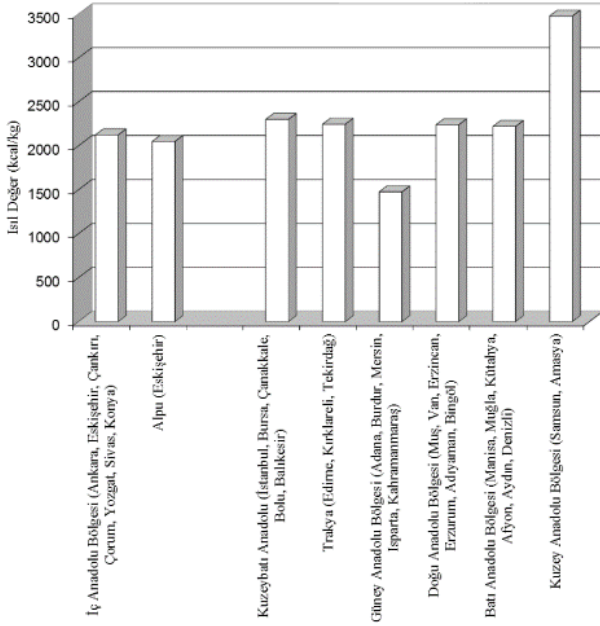
© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Türkiye'de birçok sahada ekonomik öneme sahip kömür içerikli çökeller söz konusudur. Bu çökellerin Batı Anadolu'daki pek çok örneği, Avrasya ve Anadolu levhaları arasındaki çarpışma ile ilişkili olarak gelişen Miyosen ve Pliyosen yaşlı yaklaşık K-G yönelimli dağarası göl havzalarında depolanmışlardır (Karayığit ve Whateley 1997, Karayığit ve Çelik 2003, Çelik ve Karayığit 2004a). Bu havzalar Afyon, Aydın, Balıkesir, Bilecik, Burdur,

Bursa, Çanakkale, Denizli, Eskişehir, Isparta, İzmir, Konya, Kütahya, Manisa ve Muğla illerindedir. Kömür, bu havzalardan Kale Havzası (Denizli) hariç (Elçi ve Altay 2020) tatlı su göl ortamını yansıtan karasal kırıntılılar içerisinde oluşmuştur. Bu kırıntılı serilerin alt (Helvacı vd. 1987) ve alt-orta (Köksoy 1985) kesimindeki ince taneli klastiklerin bulunduğu seviyelerde, çeşitli kalınlıklarda kömür damarları bulunur. Damar gelişimi çoğunlukla 1 ya da 2, nadiren de 3 damar halindedir (İnaner ve Nakoman

1993). Çalışma alanının da içerisinde bulunduğu Ege Bölgesi kömürleri, kalorifik açıdan yaklaşık 2225kcal/kg gibi nispeten düşük bir ortalamaya sahip olmaları nedeniyle (Şekil 1) daha çok termik santrallerde (Örn: Çan, Orhaneli, Seyitömer, Soma, Tunçbilek, Yatağan vb.) değerlendirilmektedir. Bu termik santrallerden önemli iki tanesi olan Seyitömer ve Tunçbilek Termik Santralleri Kütahya il sınırları içerisinde yer almaktadır.



Şekil 1. Türkiye'deki linyit havzalarının bölgesel olarak orijinal bazda ortalama ısıl değer miktarlarını gösterir grafik (MTA. 2010, Usta 2013).

2. Kütahya İli Kömürlü Sahaları

Kütahya ili genelinde, Seyitömer, Tavşanlı, Gediz, Emet, Altıntaş, Simav, Domaniç coğrafyalarında işletilebilir nitelik ve miktarda kömür bulunmaktadır. Yaklaşık 500 milyon tonun üzerinde görünür rezerv sunan (KİÇDR. 2011) bu sahaların birçoğunda kömür işletilmeye devam etmekle birlikte, geçmişte işletilmiş ancak şimdi kapalı sahalar da söz konusudur. Bu çalışmada Kütahya ili batısında bulunan ve halen işletilen Seyitömer ve Tunçbilek sahaları ile artık işletilmeyen Değirmisaz ve Çamalan sahaları ele alınmıştır (Şekil 2).

3. Çalışmaya Konu Kömürlü Sahalar

3.1. Seyitömer Sahası

Saha, Kütahya il merkezinin yaklaşık 25km. kuzeybatısında yer alır. Doğu ve batı kenarında ofiyolitik melanaj niteliğindeki kayaçların (gabro, diyorit, amfibolit, serpantin, kristalen kalker, mermer ve radyolarit) yüksek topografya oluşturmasıyla KD-GB uzanımlı bir görünüm sunar (Şekil 2). Havzanın genel yönelimi yaklaşık K55°D doğrultusundadır. Tabakalanma çoğunlukla yataya yakın olup 10-15°lik eğimler söz konusudur. Bunun yanında zayıf kıvrımlar da gözlenebilmektedir. Sahada yaklaşık K-G yönlü faylar (MTA. 2010) olağandır. Fayların bir kısmı büyüme fayı niteliğinde olup çökme ile eş yaşıdır. Diğer kısmı ise çökme sonrasına aittir. Çizgisel bir çöküntü alanı morfolojisine sahip bu saha Özburan (2009), Özburan ve Güner (2009) ile Özburan ve Güner (2012) tarafından graben olarak tanımlanmış ve tanıtılmıştır. Grabenin içi karasal kırıntılardan oluşan Miyosen çökelleri ile dolguludur (Şekil 2). Bu kırıntılar akarsu, akarsu-göl ve göl ortamını yansıtmaktadır. Tabanda çakıltaşı-kumtaşı ardalanmasıyla başlayan istif, üste doğru kil, marn ve çamurtaşı ardalanması ile devam eder.

Çakıllar imbrike olup güneybatıdan kuzeydoğuya doğru bir paleoakıntıyı gösterir. Linyit daha üstteki kıltaşı, marn, çakıltaşı, kumtaşı, siltaşı tuf ve kireçtaşlarından oluşan Tunçbilek formasyonunun taban seviyelerindedir. Batı Anadolu'daki linyitli sahalar içerisinde kalorifik açıdan en düşük değere sahip sahalarındandır (alt ısıl değer 1900Kcal/kg, Ünal 2010). Genellikle mat siyah renktedir ve yer yer kahvems tonlarda gözlenebilir. Sahada alt ve üst damar olmak üzere iki kömür damarı bulunmakta olup işletilen alt damar 1.50-36.75 m kalınlıktadır ve ana damar kabul edilmiştir (İlter 2004, Çelik ve Karayığıt 2004a, Çelik ve Karayığıt 2004b, Ünal 2010).

3.2. Tunçbilek Sahası

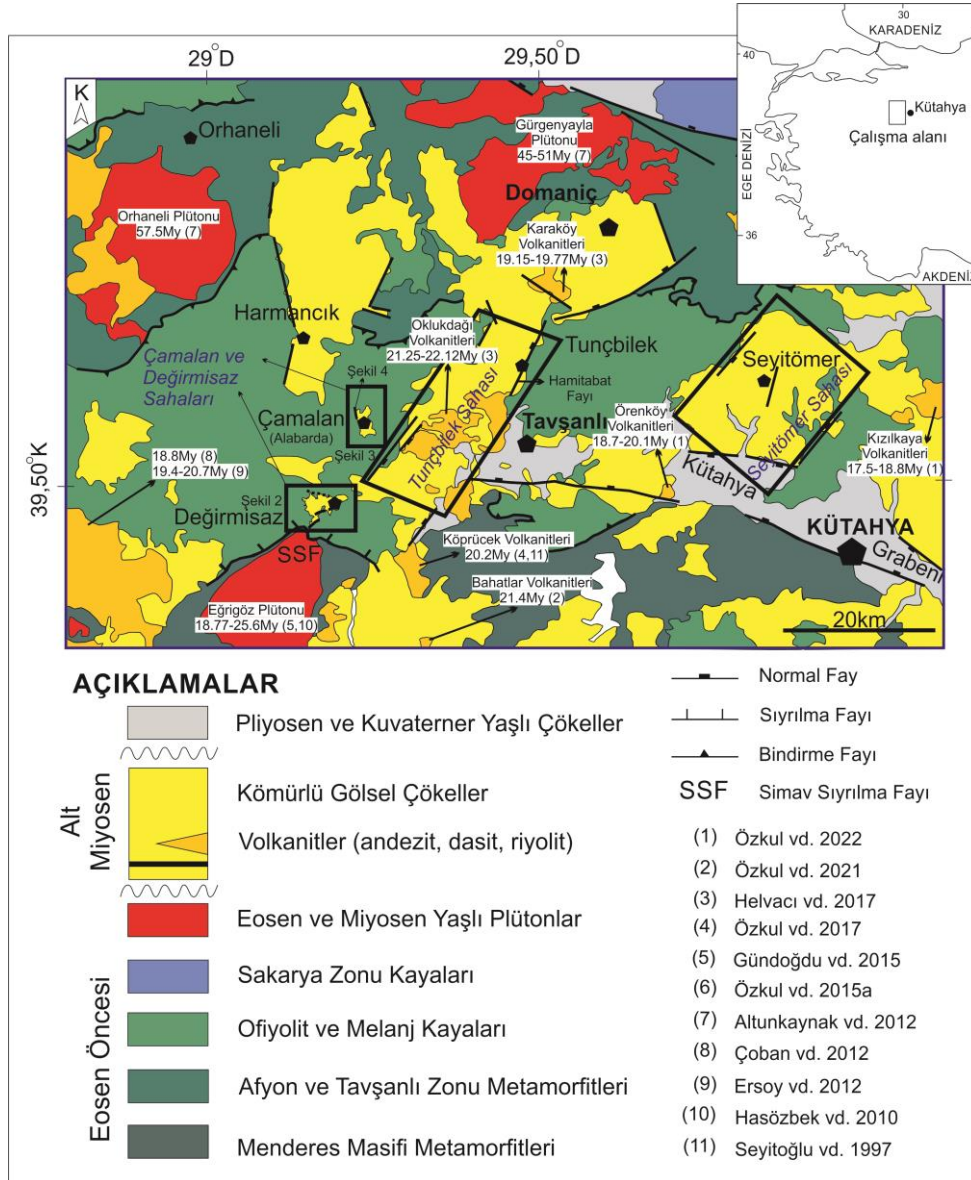
Bu saha, Kütahya il merkezinin yaklaşık 55km kuzeybatısında olup Tavşanlı-Domaniç karayolu üzerindedir. Haritada (Şekil 2) kömür içerikli bu çökellerin yayılımı incelendiğinde morfolojik açıdan yaklaşık K35°D doğrultulu çizgisel bir çöküntü alanı olarak göze çarpar. Bu çöküntü alanı Miyosen yaşlı kırıntılar ve volkanitler tarafından doldurulmuştur.

Yöredeki volkanitlerde yapılan radyometrik yaşlandırmalar volkanizmanın ortalama 22My yaşında olduğunu göstermiştir (Helvacı vd. 2017, Özkul vd. 2022). Böylece, havzanın yaklaşık tabanında bulunan bu volkanitlerin Alt Miyosen'e yaşlandırılması, Tunçbilek havzasının da Batı Anadolu'da benzerleri bulunan ve gelişimleri Erken Miyosen dönemine tarihlenen KD-GB uzanımlı grabenler (Gürer 2022) ile eş zamanlı olduğunu göstermektedir.

Saha çalışmalarında havzanın doğu yakasında KD-GB doğrultulu oblik normal karakterli çeşitli faylar tespit edilmiştir. Bu faylardan biri de Tunçbilek Hamitabat Mahallesi'ne ithafen Hamitabat Fayı olarak isimlendirdiğimiz faydır (Şekil 3). Fay daha önce

Helvacı vd. (2017) tarafından da tespit edilmiş ancak adlandırılmamıştır. Havzanın batı kenarında ise, Yeniköy-Dutlar-Şapçı köyleri hattında ve havza genelinde de, yine KD-GB uzanımlı normal fayların (büyüme fayları) varlığı belirtilmiştir (Baş 1996, Çelik 1999, Helvacı vd. 2017).

Sahada istif, konglomera ve kumtaşı ile başlar. Çakıllar nispeten yuvarlak, yarı yuvarlak ve köşeli olup çoğunlukla serpantin ve kireçtaşı çakıllarından oluşur. Bu kaba kırıntılılar içerisinde merceksi kömür oluşumları gözlenebilir. Üste doğru uyumlu olarak genellikle marn, silttaşı, kumtaşı ardalanmasından oluşan seviyeler gelir. Yer yer merceksi kumtaşı-konglomera ara katkıları olağandır.



Şekil 2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Harita, MTA. 2002, Çelik ve Karayiğit 2004a, Çelik ve Karayiğit 2004b, Özburan ve Gürer 2012, Ersoy ve Helvacı 2016, Helvacı vd. 2017, Çelik vd. 2021'den değiştirilerek hazırlanmıştır. Çerçevesel çalışma sahalarını, beşgenler yerleşim yerlerini gösterir)



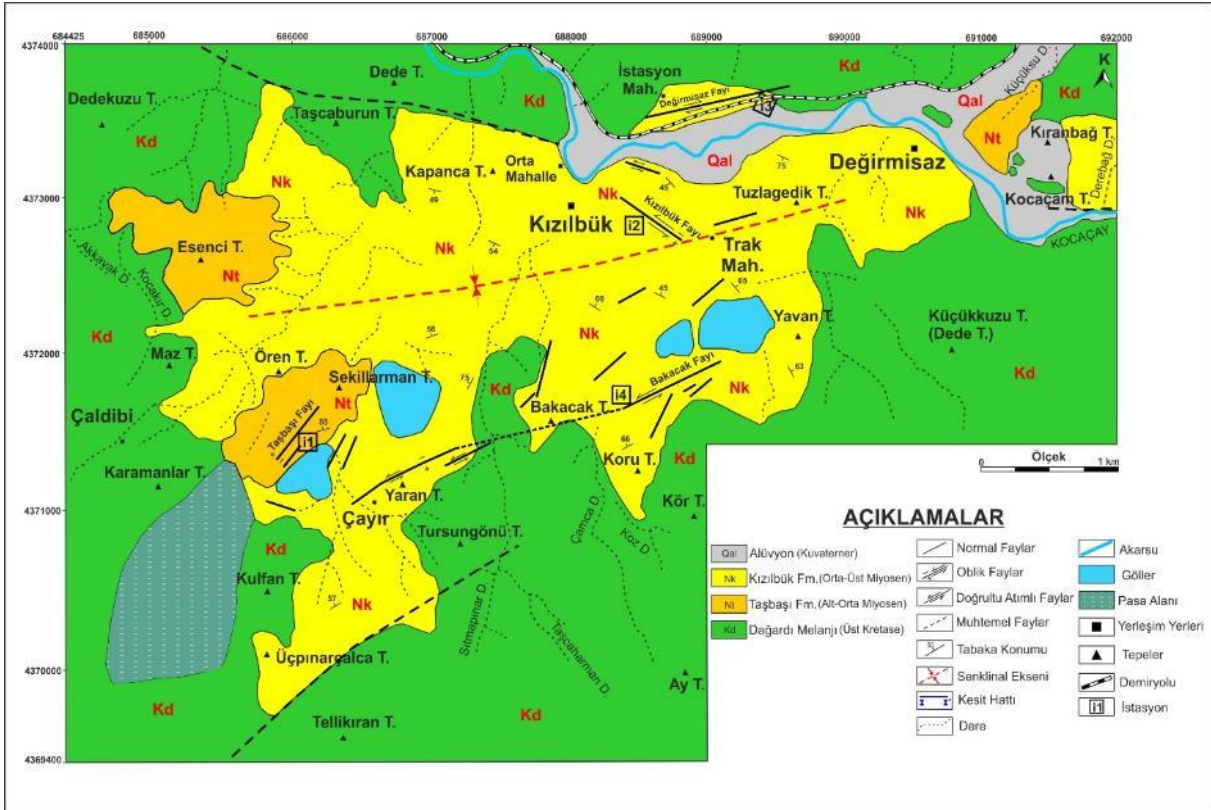
Şekil 3. Saha çalışmaları sırasında tespit ettiğimiz KD-GB doğrultulu sol yanal oblik normal Hamitabat Fayı. Fay, Üst Kretase yaşlı temel kayaçlar ile Miyosen yaşlı Tunçbilek Formasyonu'nu birbirinden ayırmaktadır (35S/713777D/4391628K).

Sert ve parlak olan kömürün tabandaki kaba kırıntılılar ile üstündeki marnlar arasında ve 14,75m. maksimum kalınlıkta olduğu bildirilmiştir (Gökmen vd. 1993). Gülen vd. (2012) Tunçbilek kömürünü subbitümlü kömür olarak sınıflandırmışlardır. Bu haliyle sahadan çıkarılan kömür, Batı Anadolu'daki yüksek kaloriye sahip kömürlerden biri

durumundadır. İstifin daha da üst seviyelerinde çoğunlukla silisifiye kireçtaşları bulunur. Nadiren bu kireçtaşı düzeyleri arasında da laminalı kömür seviyeleri gözlenebilir. İstif, yer yer gastropod ve ostrocod fosilleri içermektedir.

3.3. Değirmisaz Sahası

Kütahya'nın kuş uçuşu yaklaşık 70km, Tavşanlı ilçesinin 50km batısında bulunan Değirmisaz sahası (Şekil 2) yörede kömür içeriği ile bilinen en eski ve işletilmiş sahalardan biridir. Bu sahada 1930 lu yıllarda yapılan tespitlerle başlayan çalışmalar (Romberg 1936a, Romberg 1936b, Arni 1942) esasen, Nebert'in (1958, 1960) çalışmalarında detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Saha gözlemleri buranın da, diğerlerinde olduğu gibi ofiyolitik melanj niteliğindeki kayaçlarla çevrelenmiş olduğunu göstermiştir (Şekil 2 ve 4). Sahanın genel uzanımı yaklaşık D-B yönlü olup faylar da benzer yönelimlidir (Şekil 4).



Şekil 4. Değirmisaz sahası ve çevresini gösterir jeolojik harita (Akçay ve Özburan 2018)

Şu anda aktif işletmenin sürdürülmediği sahada kalorifik değer 4000-6000 Kcal aralığında olduğu belirtilmiştir (Nebert 1960). İstif, Tunçbilek sahasındaki benzer şekilde tabanda yine kaba

kırıntılılarla başlar ve üste doğru tane boyu incelerken göl çökellerine geçiş yapar (Ersoy ve Helvacı 2016, Akçay ve Özburan 2018). Yöredeki kömür, limnik kireçtaşı-marn seviyeleri arasında

oluşturmuştur. Nebert (1960) tarafından 2 şer metrelik 2 katman şeklinde olduğu belirtilen kömür, MTA. (2010) verilerine göre 10m kalınlığındadır. Sahada işletilebilir kömür tüketilmiş olmakla birlikte, gözlenebilen kalıntılarından Tunçbilek sahasında olduğu gibi sert ve parlak olduğu anlaşılmaktadır.

3.4. Çamalan (Alabarda) Sahası

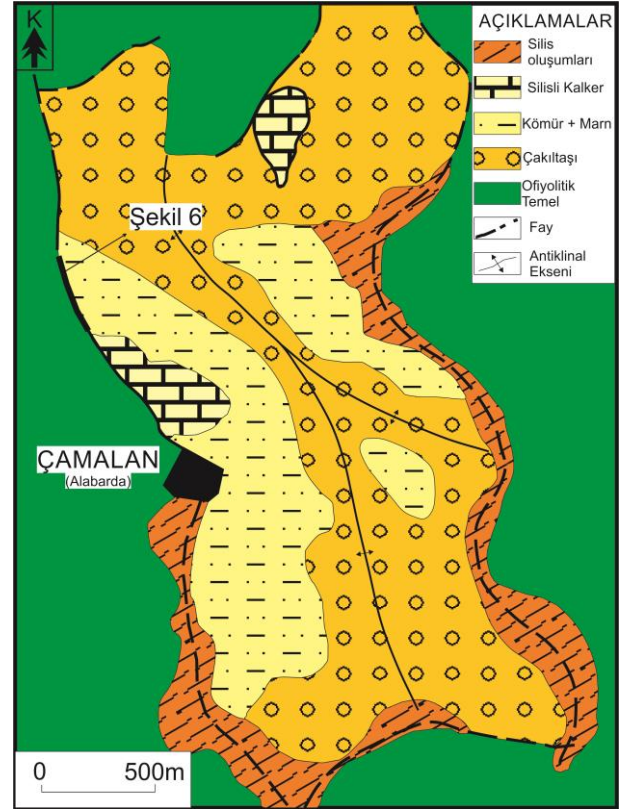
Çamalan, kuş uçuşu mesafe ile Tavşanlı ilçesinin yaklaşık 20 km kadar batısında, Tunçbilek sahasının yaklaşık 22km güneybatısında, Değirmisaz sahasının ise yaklaşık 12km kuzeydoğusunda yer alır (Şekil 2). Sahadaki yayılımı 1,4km² olan (MTA. 2010) kömürün ortalama ısıl değeri 4500 Kcal dolayında olup, havza kenarlarında 7500 Kcal değerlerine ulaşmaktadır (Nebert 1962). Bu kömür, MTA (2010) verilerine göre de ortalama 5869 Kcal ile Batı Anadolu'daki en yüksek kalorili kömür niteliğindedir. Ayrıca kül içeriği bakımından da Batı Anadolu'daki en düşük değere sahiptir (%9, İlter 2004, MTA. 2010). Yaklaşık 6km² lik dar bir alana karşılık gelen bu sahada kömür içerikli çökel istif Tunçbilek sahasındaki çökel istif ile eşdeğer niteliktedir (Nebert 1962). Bu saha da, yukarıda değinilen sahalara benzer şekilde tümüyle ofiyolitik melanj niteliğindeki kayalar ile çevrelenmiş durumdadır (Şekil 2 ve 5). Sahanın genel uzanımı yaklaşık KKB-GGD'dur. Sahada tespit edilen önemli faylardan biri Şekil 6'da gösterilmiştir. Nebert (1962) çalışmasında, sahada var olan yaklaşık K-G uzanımlı fayların, silis oluşumları ve kapatmaları nedeniyle kolay izlenemediğini, daha çok kömürün alındığı birimin ofiyolitle sınırlarında net olarak takip edilebildiğini belirtmiştir. Bu tespit gözlemlerimizle uyum içerisindedir. Kömür, Tunçbilek ve Değirmisaz sahaslarında olduğu gibi sert ve parlaktır.

4. Stratigrafik ve Tektonik Korelasyon

Çalışmada, Seyitömer, Tunçbilek ve Çamalan sahaslarında mevcut fayların, oblik normal fay karakterlerinde olduğu tespit edilmiş olup bu durum, söz konusu üç sahanın tektonik açıdan

gelişim mekanizmalarının aynı olduğunu önermektedir.

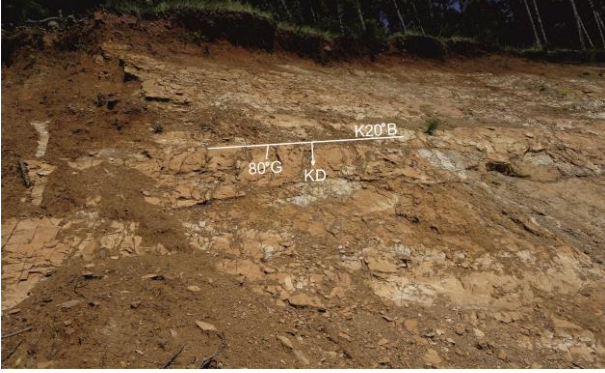
Ayrıca adı geçen bu sahalara için literatürde belirtilmiş yaş verileri (Lebküchner 1959, Ercan vd. 1978, Gün vd. 1979, İnci 1983, Yağmurlu 1986, Çelik ve Kerey 1999, Şengüler 1999, Tuncalı vd. 2002, Yağmurlu vd. 2004, Özkul vd. 2015b, Helvacı vd. 2017, Özkul vd. 2022) her üç havza için Miyosen dönemine işaret etmektedir. Böylece Seyitömer, Tunçbilek ve Çamalan havzalarının, fayların Alt-Orta Miyosen yaşlı çökelleri kesiyor olmalarından dolayı (muhtemelen Miyosen başlarına kadar), yaklaşık K-G yönlü sıkışma etkisindeki Batı Anadolu tektonizmasına ve zamanlamasına (Gürer 2022) uygun biçimde geliştikleri ve derinleştikleri değerlendirilmiştir.



Şekil 5. Çamalan sahasının jeolojik haritası (Nebert 1962'den düzenlenerek)

Diğer sahalardan farklı olarak Değirmisaz sahasında, yaklaşık D-B yönelimli faylar hakim durumda olup (Nebert 1960, Akçay ve Özburan 2018) bu sebeple de yaklaşık D-B doğrultusunda bir uzanım söz konusudur. Bu durum, havzanın farklı bir tektonik ortam ve dönemin ürünü olarak geliştiğini düşündürmektedir. Yapılan çalışmalar

(Nebert 1960, Özburan 2018), hem doğrultu atımlı fayların, hem de derinleşmeyi sağlayan oblik bileşenli normal fayların söz konusu olduğunu göstermektedir. Sahada kenar faylarının DKD-BGB uzanımlı olması (Şekil 4) ve bunlarda doğrultu atım bileşeninin bulunması (Nebert 1960, Akçay ve Özburan 2018), en azından havzanın oluşumu esnasında sıkışma (makaslama) rejiminin etkin olduğunu önermektedir.



Şekil 6. Çamalan sahasında, çökel istif ile ofiyolitik melanj niteliğindeki kayalar arasındaki tektonik dokanağı meydana getiren K20°B/65°KD konumlu ve 80°G sapma açısı (rake) ile sağ yanal bileşenli normal karakterli batı kenar fay düzleminin bir görünümü (Konumu için bkz. şekil 5, 35S/691756D/4383511K).

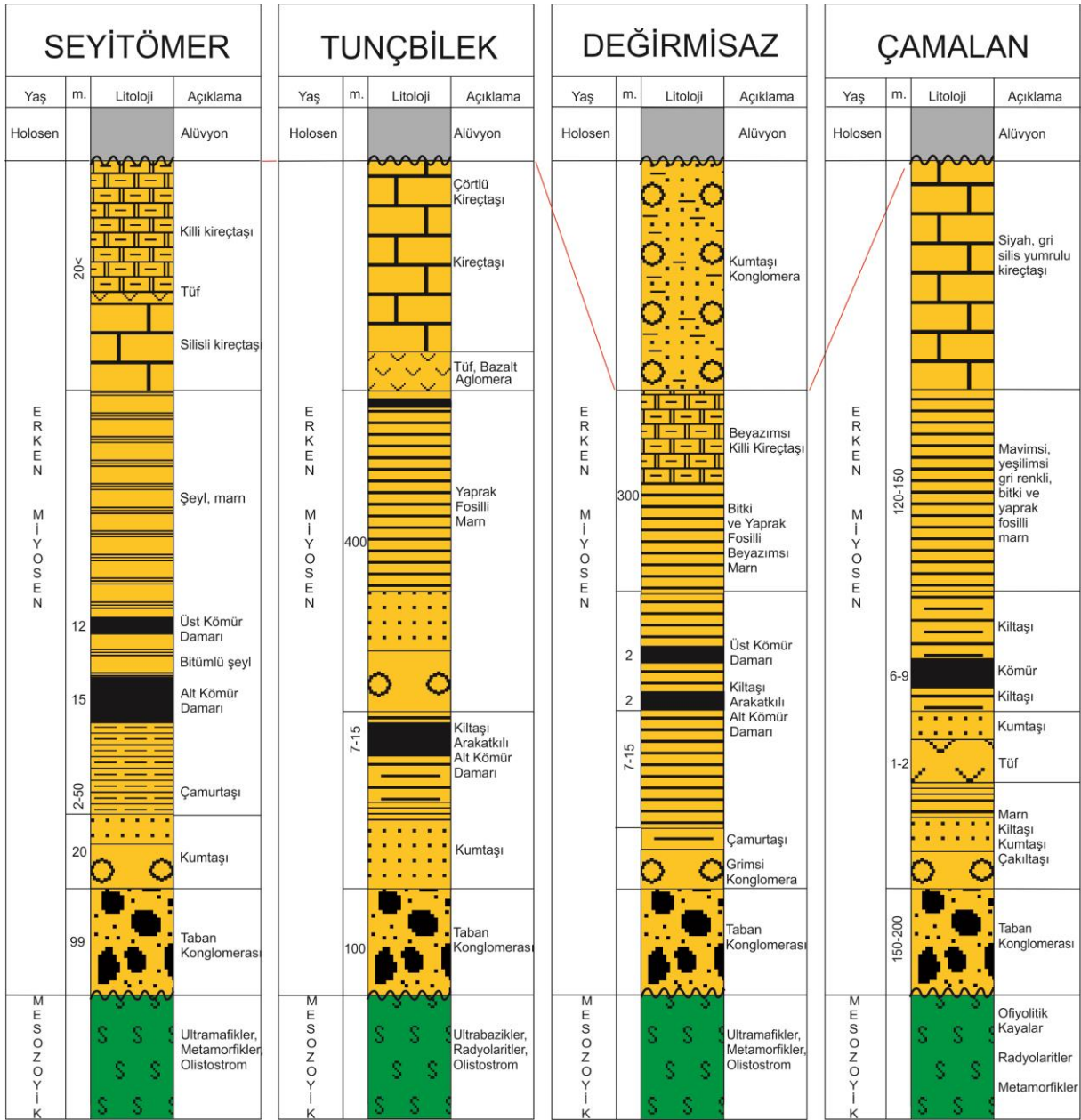
Geçmiş ve bu çalışmada elde edilmiş verilerden anlaşılmaktadır ki Seyitömer, Tunçbilek, Değirmisaz ve Çamalan kömürleri, Miyosen yaşlı tatlı su göl çökelleri içerisinde bulunmaktadır. Kömür içerikli benzer çökellerin yaşları Batı Anadolu'da bazı sahalarda Alt Miyosen (Örn: Ercan vd. 1978, İnci 1983, Şengüler 1999, Çelik ve Kerey 1999, Tuncalı vd. 2002, Şengüler 2010) bazı sahalarda Orta Miyosen (Örn: Lebküchner 1959, Gün vd. 1979, Yağmurlu 1986), bazı sahalarda ise Üst Miyosen (Örn: Yağmurlu 1986, Tuncalı vd. 2002, Yağmurlu vd. 2004) hatta Pliyosen (Yağmurlu vd. 2004) olarak kabul edilmiştir. Söz konusu bu yaşlar çoğunlukla sedimentlerin fosil ve polen içeriğine dayandırılarak belirtilmiş yaşlardır. Tunçbilek sahasında ve dolaylarında son yıllarda volkanitlerden yapılan radyometrik yaşlandırmalar, kömür içerikli istifin Alt Miyosen yaşında olduğunu göstermiştir (Özkul vd. 2015b,

Helvacı vd. 2017, Özkul vd. 2022). Seyitömer, Değirmisaz ve Çamalan sahaları için doğrudan böyle bir radyometrik yaşlandırma söz konusu olmamakla birlikte Seyitömer sahası yakın güneyinde Örenköy (Kütahya), Emet (Bahatlar) ve Kütahya dolaylarındaki volkanitlerden yapılan radyometrik yaşlandırmalar da bölgedeki volkanizmanın Erken Miyosen döneminde etkin olduğunu göstermiştir (Özkul vd. 2015b, Özkul vd. 2021, 2022). Değirmisaz sahası da Tunçbilek yakın güneyinde bulunup (Şekil 2) yapılan radyometrik yaşlandırmaların bu saha için de kabul edilebileceğini göstermektedir. Böylece denebilir ki, Kütahya ili batısındaki bu dört saha, Erken Miyosen'de çökel depolamaya başlayan sahalardan olmuştur. Fayların, çökel istifleri kesmiş ve deforme etmiş olması, bu depolanma alanlarındaki derinleşmenin daha sonraki bir zaman dilimine karşılık geldiğini göstermektedir. Nebert (1962) bunun Üst Pliyosen ya da Pliyo-Kuvaterner döneminde gerçekleşmiş olabileceğini belirtmiştir.

Bunlardan başka, Nebert (1962), özellikle Çamalan sahası istifi ile Tunçbilek sahasındaki istifin alt serisinin tabaka kalınlıklarına kadar benzeştiğini, dolayısıyla özdeş olduğunu belirtmiştir. Ayrıca aynı yaşta olmaları ve özdeş sıkışma (yaklaşık K-G yönlü) deformasyonlarını yansıtmaları nedeniyle de Tavşanlı batısında bugün için bağımsız havzalar gibi görünen tüm sahalardan başlangıçta bütün olduklarını ve sonradan parçalandıklarını belirtmiştir. Sahaların birbirlerine olan fiziksel yakınlığı nedeniyle durum değerlendirildiğinde, stratigrafik veriler bu durumu destekler gibi görünse de (Şekil 7), kömürlerin kimyasal özellikleri açısından aynı şeyi söylemek çok mümkün değildir (Çizelge 1).

5. Tartışma ve Sonuçlar

Havzaların oluşum yaşları Erken Miyosen olup, Değirmisaz sahası hariç benzer tektonik unsurlar barındırmaktadırlar. Dolayısıyla Seyitömer, Tunçbilek ve Çamalan sahalalarının aynı tektonik rejim ürünü oldukları anlaşılmaktadır.



Şekil 7. Seyitömer – Tunçbilek – Değirmisaz – Çamalan sahalarının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesitleri (Nebert 1960, Nebert 1962, Çelik 1999, Şengüler 1999, Yağmurlu vd. 2004, Ersoy ve Helvacı 2016, Akkiraz vd. 2012, Özburan 2018'den revize edilerek oluşturulmuştur. Kesitler ölçeksizdir)

Çizelge 1. Araştırmaya konu sahalardaki kömürlerin temel jeokimyasal özellikleri

	Seyitömer (Sırören)	Değirmisaz	Tunçbilek (Ömerler)	Çamalan (Alabarda)
Kalori (kcal/kg)	1843-2107	4312-4503	3615-3850	5869
Nem (%)	28,28	4,12	14,96	11
Kül (%)	37,38	38,13	26,92	9,41
Kükürt (%)	0,82	4,47	2,63	2,08
Kaynak		Tuncalı vd. 2002		MTA. 2010

Kütahya batısındaki bu havzaların jeolojik haritalarına bakıldığında, havzaları çevreleyen kayaların az bir kısmının Afyon Zonu olmak üzere, çoğunlukla Tavşanlı Zonu kayaları olduğu görülmektedir. Yöredeki faylar, diskordan olarak

bu temel kayaları üzerinde depolanmış çökelleri kesmiş ve deforme etmiştir. Dolayısıyla fayların yaşı görece daha gençtir.

İnceleme sahaları ve yakın çevresinde, Eosen ve Miyosen yaşlı volkanik ve plütonik kayalar (Şekil 2, Eğrigöz Plütonu, Orhaneli Plütonu, Gürgenyayla Plütonu, Oklukdağı Volkanitleri, Karaköy Volkanitleri, Örenköy Volkanitleri, Bahatlar Volkanitleri vb.) yüzeylemekte olup bu yönüyle kömürleşme açısından yüksek ısı akısı sağlayabilecek kayalar söz konusudur. Bu tür kayaların rank değerlerine olan pozitif etkilerinin özellikle basınç ve tektonizmaya kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Ünalın 2010). Nebert (1962) de çalışmasında, gerek Soma, gerek Tunçbilek sahalarında tektonik etkinin bulunmasına rağmen linyit düzeyinde kaldıklarını, buna karşın Çamalan sahasındaki kömürleşmenin daha üst düzeyde olduğunu, yani tektonizmanın etkisi ile kömürleşme derecesinin artmadığını belirtmiş ve derinlerdeki bir magmatik kütleyle bağlamıştır. Ne var ki, incelenen sahalardaki kömürlerin kalorifik değerleri (Çizelge 1) ve yakınlarındaki bu tür kayalar birlikte irdelendiğinde doğrudan böyle bir ilişkinin kurulmadığı gözlenmektedir. Örneğin yöredeki en yüksek kalori değerine sahip Çamalan sahası kömürlerinin, Değirmisaz ve Tunçbilek kömürlerine kıyasla yüksek oranda ısı akı etkisi oluşturabilecek kayalara en uzak mesafede olduğu görülmektedir. Gerek maruz kaldığı statik yük (litostatik basınç), gerek zamansal (Alt Miyosen yaşlı kömürler) birliktelik, yani kömürleşme için geçen süre ve gerekse yüksek ısı akısına maruziyet açısından durum değerlendirildiğinde Çamalan sahasında kömürleşmeye en fazla pozitif etkinin tektonik unsurlar nedeniyle gerçekleşmiş olabileceğini düşündürmektedir. Yani, Çamalan sahasında havzanın tamamının faylarla çevrili olması (Şekil 5) saha kömürlerinin kalori değerlerinin yükselmesinde en büyük faktör gibi görünmektedir. Bunu destekleyen bir veri Yağmurlu vd. (2011)'nin Sivas dolaylarında yaptıkları bir çalışmada elde edilmiştir. Aynı saha içerisinde tespit ettikleri büyüme fayları aralarından örnekledikleri kömürlerin kalori değerlerinin, sahanın diğer kesimlerindeki kömür kalori değerlerine kıyasla daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Dolayısıyla, çalışma alanındaki

kömürlerin sahip oldukları yüksek kalori değerlerine etki eden önemli faktörlerden birinin, hem havzayı oluşturan fayların, hem de sonrasında derinleştiren pek çok büyüme fayının varlığı gibi görünmektedir. Ayrıca yapılan araştırmalar, Batı Anadolu genelinde ısı kaynağı derinliklerinin 10-18km arasındaki derinliklere (Akçığ 1988, Gürer vd. 2001, Dolmaz vd. 2005, Pamukçu ve Yurdakul 2008, Pamukçu vd. 2019, Bilim vd. 2016), meydana gelen deprem odak derinliklerinin %88,4 ünün de ilk 10km derinliklere karşılık geldiğini (Gönenç 2021) göstermektedir. Dolayısıyla inceleme alanı içerisinde ve yakınlarında diri fayların, jeotermal sistemlerin ve ısı kaynaklarının yüzeye yakın bulunduğu bölge genelinde ısı akısı etkisinin göz ardı edilebilmesi de mümkün değildir. Bu yönüyle yörede kömürleşmeye etkiyen unsurların hem tektonik unsurlar, hem de ısı akısı olduğunu söylemek de mümkün görünmektedir. Ancak herhangi bir ısı kaynağının etki alanı düşünüldüğünde bölgesel (daha geniş bir alan) bir etkinin söz konusu olacağı muhakkaktır. Oysa havza bazında bakıldığında, yani lokal yaklaşımla, havza içerisinde kalorifik değerlerin farklılıklar gösteriyor olması, bunun yanında faylara yakın noktalarda kalorifik değerlerin yükselmesi, kömürleşmede tektonizma etkisinin ısı akısı etkisine kıyasla nispeten baskın olduğunu göstermektedir. Ayrıca, havzaların içerdiği kömürler, temel jeokimyasal nitelikleri bakımından kıyaslandıklarında (kalori, nem, kül, kükürt) özellikle nem ve kül oranları açısından doğrudan korele edilebilir nitelikte olmadıkları görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın bir bölümü Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından 2015/42 numaralı araştırma projesi kapsamında desteklenmiştir. Yazar, desteklerinden dolayı proje onayında katkısı bulunanlara, makalenin olgunlaşmasına katkı koyan hakem ve editörlere, Değirmisaz ve Çamalan sahasındaki gözlemlerin bir bölümünde beraber yol aldığı öğrencilerinden Yük. Müh. Ayşe Akçay'a ve acısı henüz taze olan Ahmet Bahadır Balkış'a (rahmet, minnet ve özlemle anarak), teşekkür eder.

6. Kaynaklar

- Akçay, A. ve Özbüran, M., 2018. Değirmisaz Havzası'nın (Tavşanlı/Kütahya) Neotektonik İncelemesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, **22**, 2, 1035-1044.
- Akçığ, Z., 1988. Batı Anadolu'nun yapısal sorunlarının gravite verileri ile irdelenmesi. Türkiye Jeoloji Bülteni, **31**, 63-70.
- Akkiraz, M.S., Akgün, F., Utescher, T., Wilde, V., Bruch, A.A., Mosbrugger, V. and Üçbaş, S.D. 2012. Palaeoflora and Climate of Lignite-bearing Lower–Middle Miocene Sediments in the Seyitömer and Tunçbilek Sub-basins, Kütahya Province, Northwest Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, **21**, 213-235.
- Altunkaynak, S., Sunal, G., Aldanmaz, E., Genç, C.S., Dilek, Y., Furnes, H., Foland, K.E., Yang, J. and Yıldız, M., 2012. Eocene granitic magmatism in NW Anatolia (Turkey) revisited: new implications from comparative zircon SHRIMP U-Pb and 40Ar-39Ar geochronology and isotope geochemistry on magma genesis and emplacement. Lithos, **155**, 289-309.
- Arni, P., 1942. Tavşanlı linyit havzası. Yayınlanmamış MTA. Raporu, Ankara.
- Baş, H., 1986. Domaniç-Tavşanlı-Gediz-Kütahya yörelerinin Tersiyer jeolojisi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, **27**, 11-18.
- Bilim, F., Akay, T., Aydemir, A. and Koşaroğlu, S., 2016. Curie point depth, heat-flow and radiogenic heat production deduced from the spectral analysis of the aeromagnetic data for geothermal investigation on the Menderes massif and the Aegean region, western Turkey. Geothermics, **60**, 44-57.
- Çelik, Y., 1999. Domaniç (Kütahya) Neojen havzasının sedimentolojisi ve kömür potansiyeli. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 186s.
- Çelik, Y. ve Kerey, İ.E., 1999. Domaniç Neojen havzası kömür içerikli çökellerin litofasiyesleri ve depolanma ortamları. 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler kitabı, T.M.M.O.B., Jeoloji Mühendisleri Odası, 318-325, Ankara, 10-12 Mayıs.
- Çelik, Y. and Karayiğit, A.I., 2004a. Geological setting and quality of the lignite seams in the Seyitömer Basin, Kutahya, Turkey. Geologica Belgica, **7**, 3-4, 259-265.
- Çelik, Y. and Karayiğit, A.I., 2004b. Chemical properties and petrographic composition of the lacustrine Seyitömer lignites (Miocene), Kutahya, Turkey. Energy Sources, **26**, 339-352.
- Çelik, Y., Karayiğit, A.I., Oskay, R.G., Kayseri-Özer, M.S., Christianis, K., Hower, J.C. and Querol, X., 2021. A multidisciplinary study and palaeoenvironmental interpretation of middle Miocene Keles lignite (Harmancık Basin, NW Turkey), with emphasis on syngenetic zeolite formation. International Journal of Coal Geology, **237**, 3, 1-33 103691, doi:10.1016/j.coal.2021.103691.
- Çoban, H., Karacık, Z. and Ece, Ö.I., 2012. Source contamination and tectonomagmatic signals of overlapping Early to Middle Miocene orogenic magmas associated with shallow continental subduction and asthenospheric mantle flows in Western Anatolia: a record from Simav (Kütahya) region. Lithos, **140–141**, 119–141.
- Dolmaz, M.N., Hisarlı, Z.M., Ustaömer, T. and Orbay, N., 2005. Curie point depths based on spectrum analysis of aeromagnetic data, West Anatolian extensional province Turkey. Pure and Applied Geophysics, **162**, 3, 571-590.
- Elçi, D. ve Altay, T., 2020. Kale havzasındaki (Denizli, GB-Türkiye) kömür içeren Mortuma formasyonunun mineralojik ve jeokimyasal özellikleri. AKU J. Sci. Eng. **20**, 065801, 1085-1095.
- Ercan, T., Dinçel, A., Günay, B. ve Türkecan, A., 1978. Uşak yöresindeki Neojen havzalarının jeolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, **21**, 2, 97-106.
- Ersoy, E.Y. and Helvacı, C., 2016. Geochemistry and petrology of the lower Miocene bimodal volcanic units in the Tunçbilek-Domaniç basin, western Anatolia. Int. Geol. Rev., **58**, 10, 1234-1252.
- Ersoy, E.Y., Helvacı, C. and Palmer, M.R., 2012. Petrogenesis of the Neogene volcanic units in the NE-SW-trending basins in western Anatolia. Turkey. Contrib. Mineral. Petrol., **163**, 379-401.

- Gökmen, V., Memikoğlu, O., Dağlı, M., Öz, D. ve Tuncalı, E., 1993. Türkiye Linyit Envanteri. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.
- Gönenç, T., 2021. TOPEX V28.1 gravite verilerinin denizler hariç ana kara genelinde kullanılabilirliği; Batı Anadolu örneği. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, **27**, 6, 766-774.
- Gülen, J., Toprak, S., Pişkin, S., 2012. Batı Türkiye kömürlerine ait bazı karakteristik özellikler. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, **2**, 1, 27-33.
- Gün, H., Akdeniz, N. ve Günay, E., 1979. Gediz ve Emet güneyi Neojen havzalarının jeolojisi ve yaş sorunları. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, **8**, 3-13.
- Gündoğdu, E., Özden, S. ve Güngör, T., 2015. Simav (Kütahya) ve yakın civarının Geç Senozoyik yaşlı jeodinamik evrimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, **58**, 3, 23-38.
- Gürer, A., Gürer, Ö.F., Pinçe, A. and İlkışık, O., 2001. conductivity structure along the Gediz Graben, West Anatolia, Turkey: Tectonic implications. International Geology Review, **43**, 12, 1129- 1144.
- Gürer, Ö.F., 2022. A new look at the origin of N-S trending young basins of western Anatolia. Bulletin of The Mineral Research and Exploration, Inpress.
- Hasözbeke, A., Akay, E., Erdoğan, B., Satır, M. and Siebel, W., 2010. Early Miocene granite formation by detachment tectonics or not? A case study from the northern Menderes Massif (Western Turkey). Journal of Geodynamics, **50**, 2, 67–80.
- Helvacı, C., İnci, U., Yağmurlu, F. ve Yılmaz, H., 1987. Batı Anadolu'nun Neojen stratigrafisi ve ekonomik potansiyeli. Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi, Jeoloji, **3**, 31-45.
- Helvacı, C., Ersoy, E.Y. and Billor, Z., 2017. Stratigraphy and Ar/Ar geochronology of the Miocene lignite-bearing Tunçbilek-Domaniç basin, western Anatolia. Int. J. Earth Sci., **106**, 1797-1814.
- İlter, Ö., 2004. Batı Anadolu linyit yataklarının genel karakteristikleri. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 114s.
- İnaner, H. and Nakoman, E., 1993. Lignite deposits of the western Turkey. Bulletin of the Geological Society of Greece, **28**, 2, 493-505.
- İnci, U., 1983. Demirci (Manisa) ve Burhaniye (Balıkesir) çevresinin jeolojisi ve bitümlü şeyl olanakları. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 184s.
- Karayiğit, A.I. and Whateley, M.K.G., 1997. Properties of a lacustrine subbituminous (k1) seam, with special reference to the contact metamorphism, Soma-Turkey. International Journal of Coal Geology, **34**, 131-155.
- Karayiğit, A.I. and Çelik, Y., 2003. Mineral matter and trace elements in the Miocene coals of the Tunçbilek-Domaniç Basin, Kütahya, Turkey. Energy Sources, **25**, 339-357.
- Köksoy, M., 1985, Yakıtlar jeolojisi. H.Ü. Yayınları A54, Ankara, 208s.
- KİÇDR, 2011. Kütahya il çevre durum raporu. T.C. Kütahya Valiliği Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Kütahya.
- Lebküchner, R.F., 1959. Seyitömer/Kütahya Neojen sahasında jeoloji ve linyit yatakları ile ilgili olarak yapılan etütler hakkında rapor. MTA. Raporu, Rapor No: 2985 (Yayımlanmamış).
- MTA., 2002. Türkiye 1/500,000 ölçekli Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MTA., 2010. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Türkiye Linyit Envanteri. Envanter Serisi-202, 371s., Ankara.
- Nebert, K., 1958. Tavşanlı'nın batı ve güneybatısındaki linyit zuhurları. MTA. Raporu, Rapor No: 2986 (Yayımlanmamış).
- Nebert, K., 1960. Tavşanlı batı ve kuzeyindeki linyit ihtiva eden Neojen sahasının mukayeseli stratigrafisi ve tektoniği. MTA. Dergisi, **54**, 7-35.
- Nebert, K., 1962. Serpantin kitleleri arasına sıkışmış bir Neojen bloğuna misal olmak üzere Alabarda (Tavşanlı) linyit bölgesi. MTA. Dergisi, **58**, 31-37.

- Özburan, M. 2009. Kütahya ve çevresinin neotektonik incelemesi. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 209s.
- Özburan, M. ve Gürer, Ö.F., 2009. Kütahya ve çevresinin neotektonik özellikleri. ATAG13 Bildiri Özleri Kitabı, s40.
- Özburan, M. and Gürer, Ö.F., 2012. Late Cenozoic polyphase deformation and basin development, Kütahya region, western Turkey. *International Geology Review*, **54**, 12, 1401-1418.
- Özburan, M., 2018. Değirmisaz (Tavşanlı-Kütahya) dolayının neotektonik incelemesi. Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, Proje No: 2015/42.
- Özkul, C., Çiftçi, E., Köprübaşı, N., Tokel, S. and Savaş, M., 2015a. Geogenic arsenic anomalies in soils and stream waters of Neogene Emet basin (Kütahya-Western Turkey). *Environ Earth Sci*, **73**, 6117–6130.
- Özkul, C., Temizel, İ., Özburan, M., Arslan, M. ve Kibici, Y., 2015b. Kütahya çevresindeki (Batı Anadolu) Miyosen volkanitlerinin petrokimyası, K-Ar jeokronolojisi, Sr-Nd-Pb-O izotop jeokimyası ve jeodinamik gelişimi. TÜBİTAK, Proje No: 113Y069.
- Özkul, C., Çiftçi, E., Tokel, S. and Savaş, M., 2017. Boron as an exploration tool for terrestrial borate deposits: A soil geochemical study in Neogene Emet-Hisarçik basin where the world largest borate deposits occur (Kutahya-western Turkey). *Journal of Geochemical Exploration*, **173**, 31-51.
- Özkul, C., Acar, R.U., Demirbilek, M., 2021. Bahatlar volkanitlerinin (Emet-Kütahya) petrografisi ve jeokimyası. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, **27**, 6, 744-755.
- Özkul, C., Temizel, İ., Özburan, M., Arslan, M. and Kibici, Y., 2022. Geochronology and geochemistry of the Miocene volcanics from the Kütahya area: Constraints for post-collisional magmatism in western Anatolia. Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, **195**, doi: 10.1016/j.jafrearsci.2022.104679.
- Pamukçu, O. and Yurdakul, A., 2008. Isostatic compensation in western Anatolia with estimate of the effective elastic thickness. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **17**, 3, 545-557.
- Pamukçu, O., Gönenç, T., Çirmik, A., Pamukçu, Ç. and Ertürk, N., 2019. The Geothermal Potential of Büyük Menderes Graben Obtained by Combined 2.5-D Normalized Full Gradient Results. *Pure and Applied Geophysics*, **176**, 11, 5003-5026.
- Romberg, H., 1936a. Tavşanlı kömür havzasının etüdü hakkında rapor. Yayınlanmamış MTA. Raporu, Ankara.
- Romberg, H., 1936b. Sümer imtiyaz sahasındaki maden ocağı etüdüne ait rapor. Yayınlanmamış MTA. Raporu, Ankara.
- Seyitoğlu, G., Anderson, D., Nowell, G. and Scott, B.C., 1997. The evolution from Miocene potassic to Quaternary sodic magmatism in western Turkey: implications for enrichment processes in the lithospheric mantle. *Journal of Volc. Geothermal Research*, **76**, 127–147.
- Şengüler, İ., 1999. Seyitömer (Kütahya) yöresi petrolü şeyllerinin ekonomik kullanım olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 190s.
- Şengüler, İ., 2010. Lignite explorations in Turkey: new projects and new reserves. 27th Annual International Pittsburgh Coal Conference, October 2010, İstanbul, Turkey.
- Tuncalı, E., Çiftçi, B., Yavuz, N., Toprak, S., Köker, A., Gencer, Z., Ayçık, H., Şahin, N., 2002. Türkiye Tersiyer kömürlerinin kimyasal ve teknolojik özellikleri. MTA, Ankara, 230-263.
- Usta, K., 2013. Alpu – Eskişehir linyitlerinin jeolojisi, palinolojisi, fiziksel ve kimyasal özellikleri ve benzer linyit havzaları ile karşılaştırılması. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 228s.
- Ünalın, G., 2010. Kömür jeolojisi. MTA Eğitim Serisi no 41, Ankara, 556s.
- Yağmurlu, F., 1986. Depositional environment and coal petrology of Çıtak (Akhisar) lignite deposits, West Turkey. *International Journal of Coal Geology*, **6**, 127-137.
- Yağmurlu, F., İnaner, H., Nakoman, E. and İnci, U., 2004. Age, tectonic setting and quality distribution of the

Neogene lignite deposits of Western Anatolia.
Geologica Belgica, **7**, 3-4, 251-258.

Yağmurlu, F., Şentürk, M., Toker, E., 2011. Büyüme faylarının kömür dağılımı, kalınlığı ve kalitesi üzerine etkisi: Etyemez kömür yatağı (Kangal-Sivas), Orta Anadolu. 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı, s95.